

УДК 621.74.045

Поступила 04.10.2016

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЛИТЬЯ В КЕРАМИЧЕСКУЮ ФОРМУ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ФАСОННЫХ ОТЛИВОК И ОТЛИВОК С ПОВЫШЕННЫМИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ ТРЕБОВАНИЯМИ

### USE OF TECHNOLOGY OF PRECISION CASTING INTO DISPOSABLE CERAMIC MOLD FOR PRODUCTION OF SHAPED CASTINGS AND OF CASTINGS WITH THE HIGHER PERFORMANCE REQUIREMENTS

*Б. И. УВАРОВ, П. Е. ЛУЩИК, Унитарное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник», г. Минск, Беларусь, ул. Я. Коласа, 24. E-mail: pavel86lu@gmail.com,*  
*А. А. АНДРИЦ, Л. П. ДОЛГИЙ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: a6584595@gmail.com,*  
*А. В. ЗАБЛОЦКИЙ, ЗАО «БелВирТел», г. Минск, Беларусь, ул. Лукьяновича 10. E-mail: zabl64@gmail.com*

*B. I. UVAROV, P. E. LUSHCHYK, The unitary enterprise the BNTU «Politekhnik» Scientific and Technological Park, Minsk, Belarus, 24, Kolasa str., E-mail: pavel86lu@gmail.com,*  
*A. A. ANDRITS, L. P. DOLGIY, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: a6584595@gmail.com,*  
*A. V. ZABLOTSKIY, CJSC Belvirtel, Minsk, Belarus, 10, Luk'yanovich str. E-mail: zabl64@gmail.com*

*На примере конкретных изделий показана эффективность технологии литья в керамическую форму для изготовления фасонных отливок и отливок с повышенными эксплуатационными требованиями.*

*Through the example of production of specific castings the effectiveness of the precision ceramic molding technology for the production of shaped castings and castings with the higher performance requirements has been demonstrated.*

**Ключевые слова.** Точное литье, керамическая форма, изготовление фасонных отливок, рабочие колеса нефтяных насосов, ролики для высокоскоростных прокатных станов.

**Keywords.** Precision casting, ceramic form, production of shaped castings, impellers of oil pumps, rolls of high-speed rolling mills.

Производство деталей из износостойких сплавов методом точного литья позволяет увеличить срок службы быстроизнашиваемых деталей оборудования, сократить время их изготовления и снизить затраты на производство. Технология точного литья в керамические формы дает возможность в несколько раз снизить себестоимость продукции по сравнению с механической обработкой из проката, значительно уменьшить время изготовления (быстрое тиражирование), повысить качество изделий (прочность, износостойкость), улучшить потребительские свойства продукции и многократно переплавлять возврат производства.

В ходе совместной деятельности Научно-технологического парка БНТУ, ЗАО «БелВирТел» и научно-исследовательской части БНТУ по усовершенствованной технологии литья в керамическую форму с применением средств компьютерного моделирования разрабатываются технологии изготовления ряда высокотехнологичных отливок, таких, как импеллер – рабочее колесо нефтяного насоса, направляющие ролики высокоскоростных прокатных станов 320, заглушка охлаждающего трубопровода Белорусской АЭС, чугунные кокиля для литья алюминиевых отливок, ковочные вставки, пуансон для прессования силикатного кирпича и т. д. Описание особенностей изготовления некоторых деталей приведены в данной работе.

#### Изготовление отливки «Рабочее колесо нефтяного насоса»

Рабочее колесо – импеллер нефтяного насоса очень сложная деталь с шестью изогнутыми меняющимися наклон и профиль сечения лопатками. В настоящее время данное рабочее колесо производится путем механической обработки на станке с ЧПУ из двух половин или закупается за рубежом. Время ме-

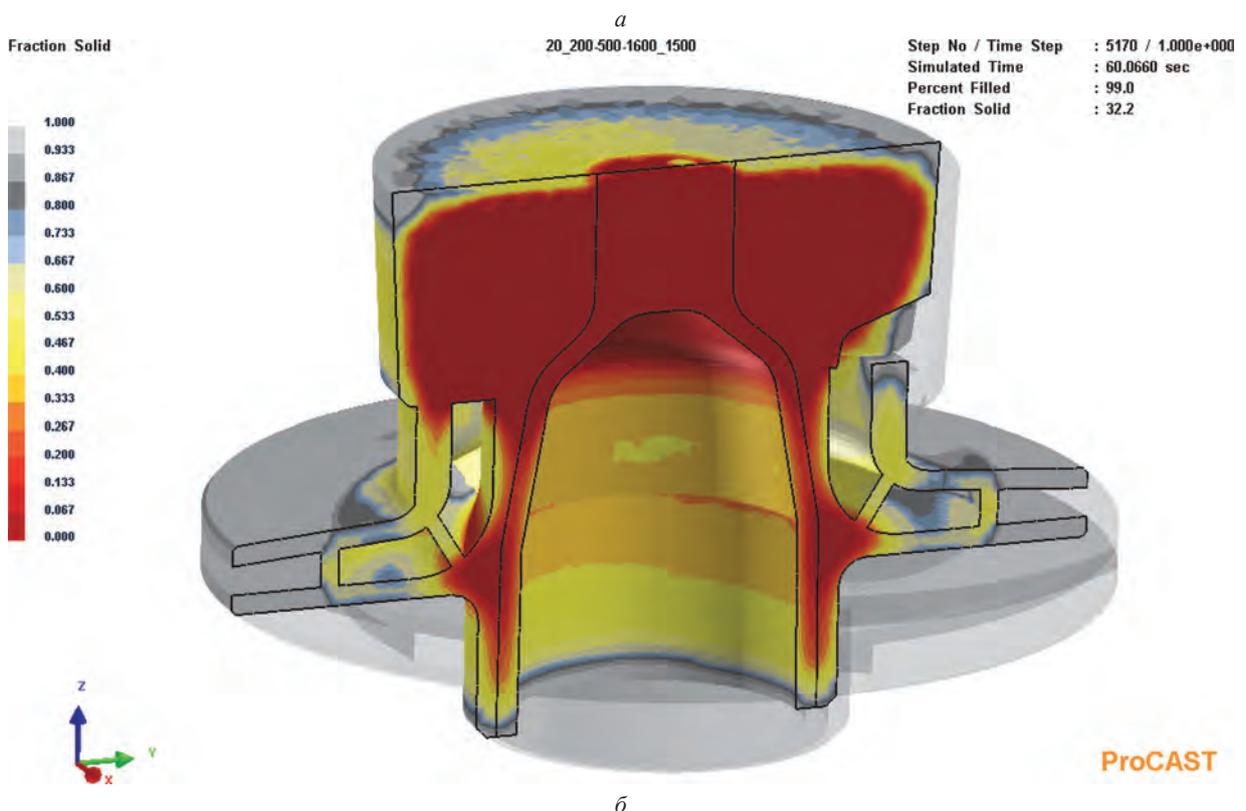
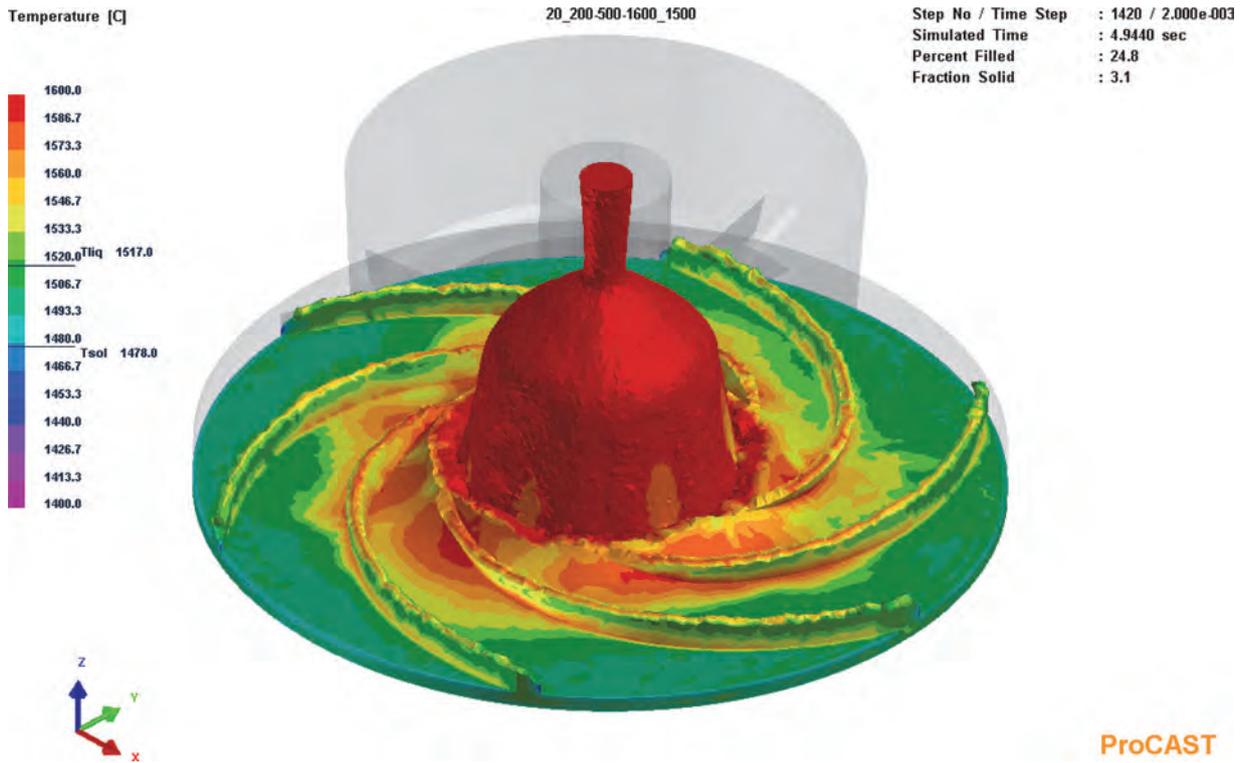


Рис. 1. Моделирование процесса заполнения (а) и затвердевания (б) отливки «Рабочее колесо нефтяного насоса» в ProCAST

ханической обработки одной половины составляет более 24 ч. Далее половины импеллера свариваются по профилю лопатки. Даже на дорогостоящем обрабатывающем центре невозможно получить идеальный профиль лопатки колеса, остаются подрезы и следы от перехода фрезы. Сварка не дает гарантированного результата по герметичности между всасывающими камерами рабочего колеса. В результате насос не выдает расчетных показателей по давлению и производительности. Высота лопатки на выходе 8 мм. Изготовление такой отливки по выплавляемым моделям затруднено из-за того, что при обсыпке керамического слоя тонкий протяженный канал не просыпается песком и остаются пустоты внутри мо-



Рис. 2. Отливка «Рабочее колесо нефтяного насоса» после выбивки из формы

тавливали из армированного силикона; чтобы поверхность стержня импеллера не покрывалась замешанными пузырьками воздуха, керамическую суспензию вакуумировали и заливали на специальном устройстве; для повышения прочности стержня изготавливали специальный поддерживающий каркас; для ремонта стержней разработана специальная ремонтная керамическая смесь. Формы прокаливали и заливали в горячем состоянии. В результате были получены опытные партии годных отливок (рис. 2, 3).

### Изготовление роликов для высокоскоростных прокатных станов

В разработку технологии производства роликов для высокоскоростных прокатных станов вовлечено большое количество ученых и инженеров во всем мире. Объем рынка составляет сотни миллионов долларов. Наибольшую популярность имеют ролики от фирм Atomat, Morganhammer, Danielly и др. Ролики выполняют спеканием из порошков карбида титана или вольфрама, напылением и литьем. Литые ролики от мировых производителей самые дешевые, но имеют стойкость значительно ниже, чем спеченные из порошков карбида. Авторами статьи разработана технология изготовления литых роликов, стойкость которых не уступает роликам из твердых сплавов.

Направляющие, кантующие и поддерживающие ролики, используемые при горячей скоростной прокатке проволоки и прутковой арматуры, работают при экстремальных условиях эксплуатации, хотя их поверхность и не подвергается таким усилиям сжатия, как у прокатных валков. При рассмотрении процесса в режиме стоп-кадра один дуговой отрезок поверхности ролика контактирует с заготовкой, нагретой до 1100 °С, другой для снятия перегрева орошается водой с температурой 5–20 °С. При этом скорость вращения роликов достигает нескольких тысяч оборотов в минуту, и ролики испытывают большие динамические перегрузки. При начальном запуске заготовки в роликовую кассету конец прутка на



а



б

Рис. 3. Отливка «Рабочее колесо нефтяного насоса» после удаления ЛПС и пескоструйной очистки: а – общий вид отливки «Рабочее колесо нефтяного насоса»; б – вид входного канала колеса

дели, которые лопаются при выплавлении восковой модели из керамической оболочки. Восковая модель паяется из нескольких частей – появляется смещение и биение. Кроме того, отрицательной особенностью данного метода является высокая стоимость оснастки для изготовления восковых моделей.

Технология изготовления этой сложной отливки в керамические формы по постоянным моделям разрабатывалась с использованием современных средств компьютерного моделирования (рис. 1).

Технология предполагает использование центрального керамического стержня. При отработке технологии изготовления стержня разработан ряд сложных технических приемов: лопатки колеса имеют изменяющийся наклон и профиль, для возможности извлечения их из стержня лопатки изго-



Рис. 4. Ролики для высокоскоростных прокатных станов, полученные методом точного литья в керамическую форму

большой скорости (до 100 м/с) производит сильный скользящий угловой удар по поверхности еще холодного ролика. В результате ролики, изготовленные из традиционных износостойких высокохромистых сплавов, не обладающих достаточной ударной вязкостью, раскалываются или, в лучшем случае, на их поверхности в местах удара образуются сколы. Ролики бракуются и требуется время для замены, что приводит к дорогостоящим простоям прокатного стана. При прокатке горячей заготовки с большой скоростью ролик вращается на подшипнике за счет сил трения, в результате контактирующая поверхность ролика подвергается сильному абразивному износу, осложненному циклическими термическими ударами в сотни градусов, окислением поверхности и коррозией, вызываемой компонентами охлаждающей жидкости.

Ролики, выполненные из супертвердых износостойких сплавов, но не обладающие термостойкостью, выходят из строя из-за термических трещин и раскалываются на половинки по линии проката заготовки. При перебоях подачи жидкости для охлаждения роликов поверхность роликов нагревается до значительных температур (в зависимости от длительности перерыва). При возобновлении подачи жидкости нетермостойкие ролики лопаются (это относится и к порошковым роликам из карбида титана), а у роликов из сплавов, не обладающих хорошей отпускной стойкостью при высоких рабочих температурах, происходит значительное падение твердости. Далее такие «мягкие» ролики быстро прорезаются двигающейся с большой скоростью прокатываемой арматурой.

Для производства роликов, выдерживающих экстремальные условия прокатки на высокоскоростном стане, были исследованы механизмы выхода из строя и износа роликов и разработаны инновационные материалы и технологии их получения. Разработана технология изготовления точнолитых износостойких аналогов роликов, закупаемых за рубежом и производимых из карбидных порошков (TiC) методом спекания.

Прочностные свойства разработанных литых аналогов – на уровне зарубежных, при более низкой стоимости. Не существует ограничений по массе и геометрии роликов, как у изделий, спеченных из порошка, не требуется интенсивного охлаждения в процессе работы. Были изготовлены и испытаны на двух прокатных станах 320 разных заводов направляющие кассетные ролики объемной закалки из износостойкого сплава твердостью 59–63 HRC. Прокатанная арматура диаметром 10 мм до переточки ролика – 1300–1500 т. Ролики не теряют твердости при рабочих температурах прокатки, не склонны к образованию термических трещин, перетачиваются алмазным инструментом.

Таким образом, на примере конкретных изделий показана эффективность метода литья в керамическую форму для изготовления фасонных отливок и отливок с повышенными эксплуатационными требованиями.